

**Автономная некоммерческая организация содействия развитию спорта**

**«Эстафета»**

С.А. Парастаев, Н.К. Хохлина, Т.В. Абрамова, М.Ю. Базовая, И.В. Бахарева,  
Л.П. Ершова, В.А. Курашвили, И.В. Круглова, Б.А. Поляев, И.Т. Выходец,  
Ю.В. Мирошникова, И.А. Берзин, В.С. Фещенко

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО  
ДИАГНОСТИКЕ И КОРРЕКЦИИ НАРУШЕНИЙ  
ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ  
АУТОХТОННЫХ (ПОСТУРАЛЬНЫХ) МЫШЦ  
СПИНЫ У СПОРТСМЕНОВ-ПАРАЛИМПИЙЦЕВ  
С ПОРАЖЕНИЕМ СПИННОГО МОЗГА**

Методические рекомендации

**Под редакцией проф. В.В. Уйба**

Москва 2019

ГРНТИ 76.35.41  
УДК 61:796/799

Утверждены Ученым советом ФГБУ «Федеральный научно-клинический центр спортивной медицины и реабилитации Федерального медико-биологического агентства» и рекомендованы к изданию (протокол № 24 от 26.09.2019 г.). Введены впервые.

С.А. Парастаев, Н.К. Хохлина, Т.В. Абрамова, М.Ю. Базовая, И.В. Бахарева, Л.П. Ершова, В.А. Курашвили, И.В. Круглова, Б.А. Поляев, И.Т. Выходец, Ю.В. Мирошникова, И.А. Берзин, В.С. Фещенко. Методические рекомендации по диагностике и коррекции нарушений функциональной активности аутохтонных (постуральных) мышц спины у спортсменов-паралимпийцев с поражением спинного мозга. Под ред. проф. В.В. Уйба // М.: ФМБА России, 2019. – 36 с.

Методические рекомендации предназначены для медицинского персонала спортсменов, врачей по спортивной медицине, медицинских психологов, врачей-специалистов, оказывающих медицинскую помощь спортсменам, а также аспирантов, ординаторов и студентов медицинских вузов и других специалистов, непосредственно участвующих в медицинском и медико-биологическом обеспечении спортсменов.

ГРНТИ 76.35.41  
УДК 61:796/799

© Федеральное медико-биологическое агентство, 2019  
© ФГБУ ФНКЦСМ ФМБА России, 2019  
© Автономная некоммерческая организация содействия развитию спорта «Эстафета»

Настоящие методические рекомендации не могут быть полностью или частично воспроизведены, тиражированы и распространены без разрешения Федерального медико-биологического агентства

## СОДЕРЖАНИЕ

|                                                                                                                                                                            |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ВВЕДЕНИЕ.....                                                                                                                                                              | 4  |
| 1. МЕТОДОЛОГИЯ КЛИНИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ И<br>МОНИТОРИНГА ПОСТУРАЛЬНЫХ НАРУШЕНИЙ У СПОРТСМЕНОВ-<br>ПАРАЛИМПИЙЦЕВ С ПОРАЖЕНИЕМ СПИННОГО МОЗГА. ....                           | 5  |
| 2. АЛГОРИТМ И МЕТОДОЛОГИЯ ДИАГНОСТИКИ И<br>БИОУПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ КОРРЕКЦИИ НАРУШЕНИЙ ПОСТУРАЛЬНОГО<br>КОНТРОЛЯ У СПОРТСМЕНОВ-ПАРАЛИМПИЙЦЕВ С ПОРАЖЕНИЕМ<br>СПИННОГО МОЗГА..... | 16 |
| 2.1 Проведение балансометрического исследования с использованием<br>баланс-комплекса. ....                                                                                 | 16 |
| 2.2 Алгоритм и методология биоуправления для коррекции нарушений<br>постурального контроля у спортсменов-паралимпийцев с поражением<br>спинного мозга. ....                | 21 |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....                                                                                                                                                           | 32 |
| СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ .....                                                                                                                                                    | 35 |

## ВВЕДЕНИЕ

Восстановление моторных навыков у пациентов неврологического профиля является, по мнению В.В. Уйба и М.П. Куликова (2006), а также В.Д. Даминова и соавт. (2009), актуальной медико-социальной проблемой [9, 11]. В целом же современная медицинская реабилитация предполагает восстановление активных движений и стереотипа ходьбы, снижение спастичности, тренировку устойчивости вертикальной позы, повышение толерантности к физическим нагрузкам, формирование навыков самообслуживания [4, 5, 8]. Сложность процесса реабилитации двигательного акта определяется не только выраженностью пареза мышц, но и дискоординацией сложного процесса работы мышц агонистов и антагонистов при выполнении двигательного акта [2, 7, 10, 14].

Современные технологии двигательной реабилитации, основанные на применении роботизированных биомеханических комплексов, позволяют осуществить не только тестирование, но и тренировку мышц, формировать двигательный стереотип на основе индивидуальных моторных комбинаций [1, 2, 5]. Возможность применения роботизированных биомеханических комплексов позволяет поднять на более высокий уровень двигательную реабилитацию тяжелого контингента пациентов с травматической болезнью спинного мозга (ТБСМ) [7, 13, 14].

Таким образом, первостепенной задачей реабилитологов и спортивных врачей в процессе реабилитации и медико-биологического обеспечения спортсменов-колясочников с ТБСМ является осуществление стимуляции и активизации основных механизмов удержания тела в вертикальном положении, что является фундаментом для дальнейшей коррекции двигательных нарушений [1, 2, 4, 8, 11, 14].

## 1. МЕТОДОЛОГИЯ КЛИНИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ И МОНИТОРИНГА ПОСТУРАЛЬНЫХ НАРУШЕНИЙ У СПОРТСМЕНОВ-ПАРАЛИМПИЙЦЕВ С ПОРАЖЕНИЕМ СПИННОГО МОЗГА.

Улучшение постурального контроля у пациентов с ТБСМ является одной из актуальных задач реабилитации, и в этом направлении за последние 7-10 лет осуществлены прогрессивные и перспективные шаги. Создаются новые автоматизированные комплексы, позволяющие регистрировать объективные параметры проприоцептивной сферы. Благодаря последним работам таких исследователей, как Б.Б. Поляев и соавт. (2017), М. Grangeon и соавт. (2014), М. Milosevic и соавт. (2017), доказана актуальность исследования постурального баланса в положении сидя, разрабатываются многокомпонентные схемы диагностики активности аутохтонных мышц, которые играют одну из главных задач в постуральном контроле [6, 8, 9].

В качестве наиболее эффективной клинической модели для подобных диагностических подходов может быть использован «Тест баланса Берга», который широко используется в неврологической практике для оценки функции равновесия у пациентов в положении сидя и стоя. В полной версии теста (т.е. в его классическом варианте) максимальная оценка составляет 56 баллов; отдельные его звенья некоторые исследователи выделяют в самостоятельные пробы, к примеру, тест на дотягивание.

### Тест на равновесие Берга

#### 1. Из положения сидя в положение стоя

Руководство: Используйте стул без подлокотников. Попросите пациента встать. Если при исполнении пациент держится за подлокотники, попросите повторить упражнение без рук

Оценка: Отметьте подходящую категорию \_\_\_\_\_

(4) пациент встает без рук, самостоятельно стабилизируется

(3) встает самостоятельно, использует руки

(2) встает самостоятельно при использовании рук, требуется несколько попыток

(1) требуется минимальная помощь для того, чтобы встать или стабилизироваться

(0) для того, чтобы встать, требуется помощь

## 2. Положение стоя без поддержки

Руководство: Положение стоя, ноги на ширине плеч, без поддержки в течение 2 минут

Оценка: Отметьте подходящую категорию \_\_\_\_

(4) уверенно стоит в течение 2 минут

(3) стоит в течение 2 минут с поддержкой

(2) стоит без поддержки 30 секунд

(1) требуется несколько попыток для того, чтобы стоять 30 секунд

(0) не может стоять 30 секунд без поддержки.

Если пациент стоит уверенно 2 минуты, отметьте высший балл для упражнения «положение сидя без поддержки». Приступайте к упражнению «положение сидя из положения стоя»

## 3. Из положения стоя в положение сидя

Руководство: Сесть

Оценка: Отметьте подходящую категорию \_\_\_\_

(4) устойчиво сидит, минимально использует руки

(3) удерживается при помощи рук

(2) удерживается при помощи ног

(1) сидит независимо, но соскальзывает

(0) нужна поддержка при сидении

## 4. Положение сидя, ноги на полу

Руководство: Сидеть с согнутыми руками в течение 2 минут

Оценка: Отметьте подходящую категорию. \_\_\_\_

(4) уверенно сидит в течение 2 минут

(3) сидит в течение 2 минут с поддержкой

- (2) сидит 30 секунд
- (1) сидит 10 секунд
- (0) не может сидеть 10 секунд без поддержки

5. Передвижение

Руководство: Двигаться от стула с подлокотниками к стулу без подлокотников и обратно

Оценка: Отметьте подходящую категорию \_\_\_\_

- (4) уверенное движение с минимальным использованием рук
- (3) уверенное движение с некоторым использованием рук
- (2) передвигается при вербальной поддержке
- (1) необходима поддержка 1-го человека
- (0) необходима поддержка 2-х людей

6. Положение стоя без поддержки, глаза закрыты

Руководство: Закрыть глаза и стоять неподвижно в течение 10 секунд

Оценка: Отметьте подходящую категорию \_\_\_\_

- (4) уверенно стоит в течение 10 секунд
- (3) уверенно стоит в течение 10 секунд, при наблюдении
- (2) стоит в течение 3 секунд
- (1) не может держать глаза закрытыми в течении 3 секунд, но стоит уверенно
- (0) нужна поддержка для того, чтобы избежать падения

7. Положение стоя без поддержки, ноги вместе

Руководство: Ноги вместе, стоять без какой-либо поддержки

Оценка: Отметьте подходящую категорию \_\_\_\_

- (4) ноги вместе, может независимо стоять в течение 1 минуты
- (3) ноги вместе, может независимо стоять в течение 1 минуты, при наблюдении
- (2) может поставить ноги вместе, но не может продержаться 30 секунд

(1) нужна помощь для принятия позиции, но может стоять в течение 15 секунд

(0) нужна помощь для принятия позиции, не может стоять в течение 15 секунд

Последующие упражнения выполняются стоя и без поддержки

#### 8. Движение вперед с вытянутыми руками

Руководство: Поднять руки (угол 90 градусов). Расправить пальцы, и вытянуть вперед насколько возможно. Экзаменатор помещает линейку у кончиков пальцев. Пальцы не должны дотронуться до линейки при движении вперед. Оценивается расстояние, на которое вытягиваются пальцы при максимальном наклонении вперед

Оценка: Отметьте подходящую категорию \_\_\_\_

(4) уверенно наклоняется вперед >25 см

(3) наклоняется вперед >12 см

(2) наклоняется вперед >5 см

(1) продвигается вперед, но нужно наблюдение

(0) нужна поддержка для того, чтобы избежать падения

#### 9. Поднять предмет с пола

Руководство: Поднять с пола ботинок/тапочек, расположенный перед ногами.

Оценка: Отметьте подходящую категорию \_\_\_\_

(4) легко и уверенно поднимает тапочек

(3) поднимает тапочек, но нужно наблюдение

(2) не может поднять, на 2-4 см отклоняется от тапка, но удерживает равновесие

(1) не может поднять, требуется помощь при попытке выполнить упражнение

(0) не получается поднять, нужна поддержка для того, чтобы избежать падения

10. Обернуться и посмотреть сначала через левое, а потом правое плечо

Руководство: Обернуться и посмотреть через левое плечо. После паузы повторить то же через правое

Оценка: Отметьте подходящую категорию \_\_\_\_

(4) смотрит по обе стороны, вес переносится хорошо

(3) смотрит только через одно плечо, на другой стороне вес переносится хуже

(2) только поворачивается в сторону, держит равновесие

(1) нужно наблюдение при исполнении

(0) нужна поддержка для того, чтобы избежать падения

11. Поворот на 360 градусов

Руководство: Повернуться вокруг своей оси. Остановиться. Затем совершить полный оборот в другую сторону

Оценка: Отметьте подходящую категорию \_\_\_\_

(4) может повернуться в обе стороны на 360 градусов, менее чем за 4 секунды

(3) может повернуться в одну сторону на 360 градусов, менее чем за 4 секунды

(2) может повернуться на 360 градусов, но медленно

(1) требуется наблюдение или вербальная поддержка

(0) требуется помощь при обороте

12. Вести счет каждой ступени стремянки или табурета, на которую наступает пациент

Руководство: Поочередно ступать на каждую ступень. Продолжать, пока каждая нога не коснется ступени по четыре раза (8 шагов)

Оценка: Отметьте подходящую категорию \_\_\_\_

(4) стоит без поддержки и уверенно, может выполнить 8 шагов за 20 секунд.

(3) стоит без поддержки, может выполнить 8 шагов >20 секунд.

- (2) совершает 4 шага без помощи под наблюдением
- (1) может выполнить меньше шагов, нужна минимальная помощь
- (0) нужна поддержка для того, чтобы избежать падения

13. Положение стоя без поддержки, одна нога впереди

Руководство: Продемонстрируйте позу пациенту. Поставьте одну ногу прямо перед второй. Если не получается поставить ногу прямо перед второй, сделать шаг вперед, но пятку разместить прямо перед пальцами второй ноги.

Оценка: Отметьте подходящую категорию \_\_\_\_

- (4) получается поставить ноги в позицию и держать равновесие в течение 30 секунд
- (3) получается поставить одну ногу перед второй и держать равновесие в течение 30 сек
- (2) небольшой шаг вперед, держит равновесие 30 сек
- (1) нужна помощь чтобы сделать шаг вперед, но может держать равновесие 15 сек
- (0) теряет равновесие при положении стоя или при шаге вперед

14. Положение стоя на одной ноге

Руководство: Стоять на одной ноге максимально долгое время, не пользуясь внешней помощью

Оценка: Отметьте подходящую категорию \_\_\_\_

- (4) может поднять ногу и держаться > 10 секунд
- (3) может поднять ногу и держаться 5-10 секунд
- (2) может поднять ногу и держаться 3 секунды или более
- (1) при попытке поднять ногу, не может держать равновесие в течение 3 секунд, но стоит независимо
- (0) нужна поддержка для того, чтобы избежать падения

Однако классический вариант теста Берга не предполагает отсутствие у пациента-колясочника возможности самостоятельно принимать вертикальное положение и, тем более, удерживать его; не учитываются в данном варианте

теста также ошибки и неточности при выполнении статических тестов на удержание равновесия в вертикальном положении, поэтому мы рекомендуем использовать модернизированный вариант теста Берга (МТБ) для положения сидя, так как основные проблемы спортсменов-колясочников с ТБСМ проявляются в недостаточном контроле позы, которые усугубляет снижение мышечной силы и двигательной активности нижних конечностей. В МТБ включены и модифицированы лишь те задания теста Берга, в которых тестируется удержание в статичном положении, а также движения корпуса и верхних конечностей при сохранении положения опоры сидя.

На основании наших собственных исследований и с учетом результатов работ М. Milosevic [9-11], нами был построен алгоритм диагностики и мониторинга постуральных нарушений у спортсменов-паралимпийцев, базирующийся на использовании МТБ.

Первый шаг алгоритма – проведение модифицированного теста Берга.

Инструкция: Пациент сидит. Оцениваются следующие движения.

1. Равновесие в положении сидя:

- опирается или соскальзывает = 0
- ровно, надежно = 1

2. Подъем из положения лежа в положение сидя:

- не возможен без помощи = 0
- возможен при опоре на руки = 1
- возможен без рук = 3

3. Толчок в грудь (экзаменатор трижды легко нажимает на грудь пациента):

- начинает падать = 0
- пошатывание, попытка удержать себя = 1
- устойчивое положение = 2

4. Глаза закрыты:

- неустойчивое положение = 0

- устойчивое положение = 1

5. Движение вперед с вытянутыми руками

Инструкция: Поднять руки (угол 90 градусов). Расправить пальцы и вытянуть вперед насколько возможно. Экзаменатор помещает линейку у кончиков пальцев. Пальцы не должны дотронуться до линейки при движении вперед. Оценивается расстояние, на которое вытягиваются пальцы при максимальном наклонении вперед:

- уверенно наклоняется вперед >25 см = 4
- наклоняется вперед >12 см = 3
- наклоняется вперед >5 см = 2
- продвигается вперед, но нужно наблюдение = 1
- нужна поддержка для того, чтобы избежать падения = 0

6. Положение сидя, ноги на полу

Инструкция: Сидеть с согнутыми руками в течении 2 минут

- уверенно сидит в течение 2 минут = 4
- сидит в течение 2 минут с поддержкой = 3
- сидит 30 секунд без поддержки = 2
- сидит 10 секунд без поддержки = 1
- не может сидеть 10 секунд без поддержки = 0

Баллы: \_\_\_\_\_/15

Несмотря на высокую эффективность клинической оценки контроля позы в положении сидя у спортсмена-колясочника с ТБСМ, необходимо проведение инструментального метода диагностики постурального контроля, который позволит охарактеризовать объективное состояние проприоцептивной сферы, что, в свою очередь, необходимо для полноценной коррекции активности постуральных мышц в поддержании вертикального положения туловища в положении сидя.

В качестве аппаратной составляющей предлагаемой нами методики

использованы подходы к диагностике и поэтапной коррекции постуральных нарушений, предложенные и обоснованные Б.А. Поляевым и соавт. (2017); авторами был использован акселерометрический баланс-комплекс (АБК) у пациентов в промежуточном периоде ТБСМ. Полученные авторами данные продемонстрировали преимущества балансометрии и подтвердили гипотезу о необходимости проведения процедур активации аутохтонной мускулатуры и постуральных мышц у пациентов с ТБСМ [6].

В результате применения разработанной методики диагностики и коррекции нарушений постурального баланса у пациентов с ТБСМ происходила активация механизмов контроля позы, улучшилось функциональное состояние системы проприоцепции, координация движений.

По мнению авторов, выявленные ими постуральные нарушения у вертикализованных пациентов являются, по-видимому, следствием неготовности аутохтонной мускулатуры и произвольных постуральных мышц к осевой нагрузке на позвоночник. Выраженность данных нарушений усугубляет фиксация поясничного отдела с помощью металлоконструкций, так как при этом отсутствуют активные движения в поясничном отделе позвоночника, и происходит гипотрофия поясничных мышц и собственных мышц позвоночника. Поэтому необходима активизация указанных мышц, что может быть обеспечено наличием нестабильной опоры, принцип которой используется уже давно в реабилитации ортопедических пациентов. В роли подобных стимуляторов выступают различные подушки, пластмассовые и резиновые балансировочные платформы, недостатком которых является отсутствие обратной связи во время тренировок.

Занятия на АБК активизируют компенсаторные механизмы поддержания постурального баланса и способствуют постуральной активности ягодичных мышц, которые являются важнейшим звеном в восстановлении постурального и двигательного стереотипов. В подтверждение этого, авторы наблюдали у всех вертикализованных традиционными подходами пациентов с ТБСМ функциональную

недостаточность ягодичных мышц, проявляющуюся, в том числе, в нестабильности таза при ходьбе и нарушении походки за счет ограничения отведения бедер. Мощнейшим стимулирующим звеном работы ягодичных мышц является именно изменение угла наклона платформы в АБК [6, 8, 10].

У паралимпийцев-колясочников при применении методики нами было продемонстрировано улучшение результатов выполнения МТБ и балансометрических показателей проприоцептивной сферы, что позволяет говорить о возможности формирования оптимальных адаптационных и компенсаторных навыков контроля позы у спортсменов-инвалидов [6].

Т.е. нами было реализовано на практике предположение о перспективе применения АБК в восстановительном лечении пациентов с ТБСМ [6].

В настоящее время нестабильные платформы в основном используются в составе многофункциональных стабилметрических комплексов, в которых регулируемая установка платформы является опциональным модулем и редко обладает автономностью. Кроме того, в подобных комплексах используются тензометрические датчики, которые не обладают способностью улавливать угловые смещения платформы, в отличие от АБК, включающих сочетание акселерометрических и гироскопических сенсоров. Благодаря регулируемой нестабильности платформы и получению скоростно-угловых характеристик данные АБК являются весьма чувствительными инструментами как для оценки постурального баланса, так и для мониторинга динамики его восстановления у пациентов с различными двигательными нарушениями.

В отличие от иных используемых в настоящее время нестабильных платформ, применение комбинированного сенсорного модуля, включающего акселерометр и гироскоп, позволяет более тонко реагировать на изменения положения пациента в пространстве и, соответственно, визуализировать минимальные угловые смещения проекции общего центра масс (ОЦМ) в системе координат. Данный аспект также важен для мотивации пациента в момент проведения занятий, так как высокая чувствительность АБК

позволяет улавливать минимальные динамические смещения корпуса и корректировать их.

Необходимо также отметить, что занятия на АБК в положении сидя стимулируют работу не только мышц спины, но, прежде всего, работу ягодичных мышц, функциональная состоятельность которых необходима для дальнейшего восстановления постурального и двигательного стереотипов у пациентов с ТБСМ. Особенно, учитывая ограничение движений в поясничном отделе позвоночника вследствие фиксации металлоконструкцией.

Исходя из вышесказанного, а также необходимости объективировать данные МТБ, нами была разработана алгоритмизированная методика диагностики, вызванных функциональной несостоятельностью аутохтонных мышц у спортсменов-колясочников с ТБСМ в положении сидя с использованием автоматизированного баланс-комплекса.

Иными словами: второй шаг алгоритма диагностики и мониторинга – обследование на АБК (см. раздел 3.1).

## 2. АЛГОРИТМ И МЕТОДОЛОГИЯ ДИАГНОСТИКИ И БИОУПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ КОРРЕКЦИИ НАРУШЕНИЙ ПОСТУРАЛЬНОГО КОНТРОЛЯ У СПОРТСМЕНОВ-ПАРАЛИМПИЙЦЕВ С ПОРАЖЕНИЕМ СПИННОГО МОЗГА.

### 2.1 Проведение балансометрического исследования с использованием баланс-комплекса.

Данное обследование проводится в три этапа.

Первый этап: Обследование устойчивости сидения на платформе.

Используется тест «Стабильность»

В этом упражнении необходимо удерживать курсор как можно ближе к центру окружностей, которые пациент видит на экране монитора (Рисунок №А.1).

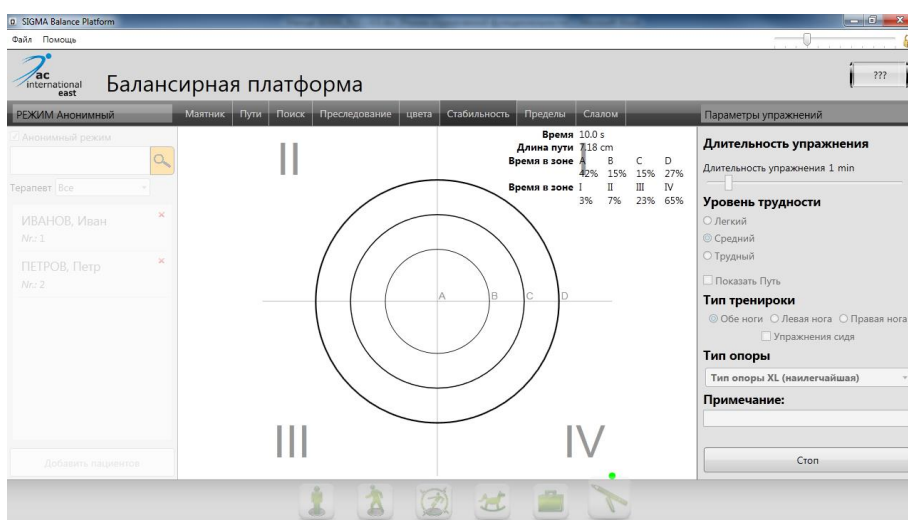


Рисунок № А.1 Тест «Стабильность»

До начала теста необходимо задать следующие параметры:

- Длительность теста – 1 минута
- Уровень сложности – легкая (до 5 баллов МТБ), средняя (до 8 баллов МТБ), тяжелая (9 баллов МТБ и выше).

- Тип теста – сидячее положение
- Тип опоры – от наименьшей степени неустойчивости (XL) (при результате теста МТБ, не превышающем 4-5 баллов) до максимальной степени неустойчивости платформы (при 9-12 баллах МТБ)
- Отображение пройденного пути

Во время упражнения на экран выводится следующая информация: прошедшее время упражнения, длина пройденного пути, время, проведенное в каждой из окружностей, время, проведенное в каждом из квадрантов.

Если испытуемый получает результат более 80% в центральном секторе (сектор А), то необходимо перейти к следующему тесту.

Второй этап балансометрического обследования – диагностика смещений ОЦМ в положении сидя с задействованием проприоцептивного и зрительного анализаторов.

Тест проводится на баланс-комплексе с использованием модуля диагностики положения и смещений ОЦМ.

Целью этого теста является оценка контроля равновесия путем отслеживания перемещения проекции центра масс пациента (Рисунок №А.2):

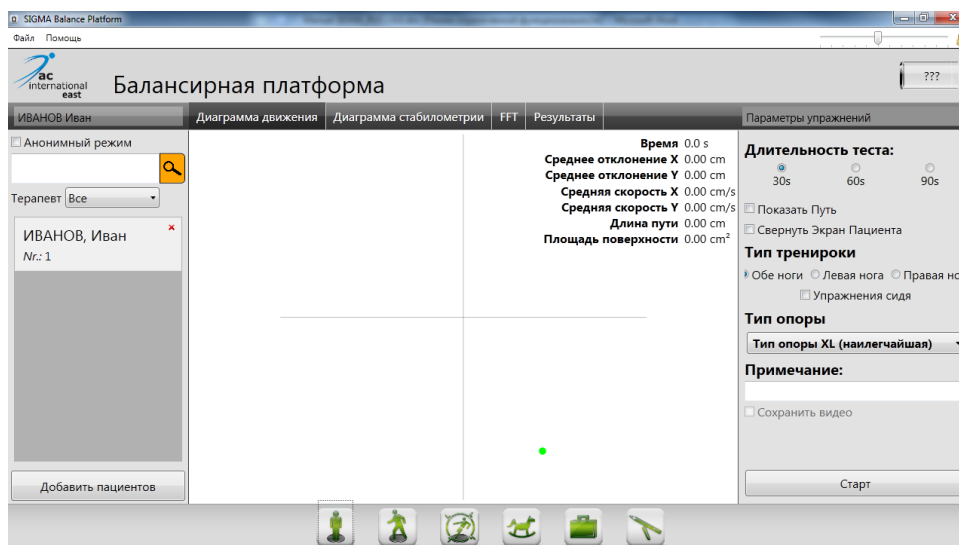


Рисунок А.2. Модуль определения положения и смещения ОЦМ

В этом диалоговом окне находятся: поле выбора пациента (слева), флажок выбора анонимного режима работы, тип отображаемой информации (диаграмма движения, диаграмма стабилметрическая, результаты теста) и поле настройки теста (справа).

Выполняющий тест оператор должен выбрать:

- Пациента из списка или включить анонимный режим работы
- Вид теста – сидячее положение
- Длительность теста – 30-60 сек
- Тип опоры – от наименьшей степени неустойчивости (XL) (при результате теста МТБ, не превышающем 4-5 баллов) до максимальной степени неустойчивости платформы (при 9-12 баллах МТБ)
- Отображать или нет путь, проделанный центром масс пациента
- При двумониторной конфигурации возможно включение/отключение второго монитора
- Во время теста на дисплее отображаются следующие параметры:
- Время теста (в сек)
- Среднее отклонение по осям X и Y
- Средняя скорость по осям X и Y
- Длина пройденного пути
- Площадь, охватываемая кривой.

Третий этап балансометрического обследования – диагностика положения и смещений ОЦМ с последовательным выключением зрительного анализатора (Рисунок №А.3).

Проводится Тест Ромберга (отношение площадей смещений ОЦМ при выполнении пробы без визуального контроля и с ним, т.е. с закрытыми и открытыми глазами) с использованием модуля диагностики положения и смещений ОЦМ.

Выполняющий тест оператор должен выбрать:

- Пациента из списка или включить анонимный режим работы

- Вид теста – сидячее положение
- Длительность теста – 30-60 сек
- Тип опоры – от наименьшей степени неустойчивости (XL) (при результате теста МТБ, не превышающем 4-5 баллов) до максимальной степени неустойчивости платформы (при 9-12 баллах МТБ)
- Отображение пути, проделанного центром масс пациента.
- При двухмониторной конфигурации возможно включение/отключение второго монитора
- Выполняется последовательно два теста: с открытыми глазами/с закрытыми глазами.

Во время теста на дисплее отображаются следующие параметры (Рисунок А.3):

- Время теста (в сек)
- Среднее отклонение по осям X и Y
- Средняя скорость по осям X и Y
- Длина пройденного пути
- Площадь, охватываемая кривой.

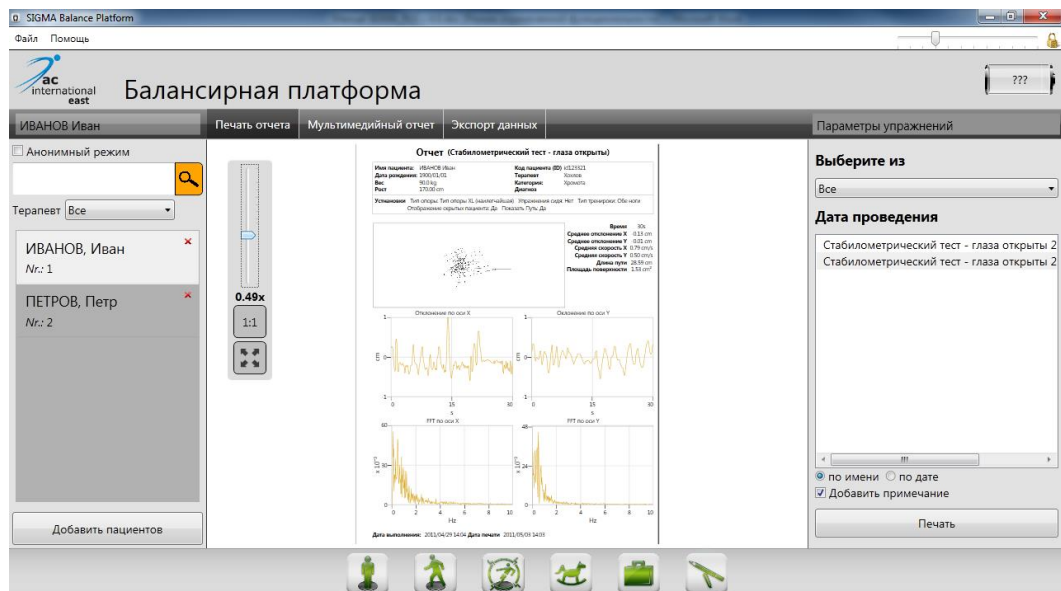


Рисунок А.3. Тест Ромберга.

Необходимо отметить, что определяющим диагностическим критерием для выбора степени сложности занятий на баланс-комплексе является суммарный балл модифицированного теста Берга:

- при результате данного теста, не превышающем 4-5 баллов, диагностическое обследование проводится при максимальной степени устойчивости опоры

- при результате, находящемся в диапазоне от 5 до 8 баллов, – промежуточная (средняя) степень устойчивости (подвижности)

- при 9-12 баллах – максимальная степень подвижности платформы.

Необходимо отметить, что в нашей работе использовался АБК «Sigma» AG International (Польша), но возможно применение и иных аналогичного аппаратного комплекса данного типа, состоящих из мобильной, беспроводной платформы с регуляцией подвижности и имеющих гироскопический и акселерометрический датчики, например, «Pro-kin 2000» Tescnobody (Италия).

## 2.2 Алгоритм и методология биоуправления для коррекции нарушений постурального контроля у спортсменов-паралимпийцев с поражением спинного мозга.

При коррекции постуральных нарушений необходимо решить следующие задачи:

- Улучшение стабильности положения ОЦМ сидя
- Коррекция фронтальных и/или сагиттальных постуральных нарушений
- Улучшение проприоцептивного звена регуляции позы во время тренинга на нестабильной платформе.

### 1. Улучшение стабильности положения ОЦМ сидя.

Для тренировки баланса в положении сидя мы используем расширенный модуль для проприоцептивной составляющей (режим мобильной платформы). Здесь возможно задействование различных траекторий и областей. Тренажеры отвечают за предоставление визуальной и звуковой информации пациенту и получают данные из основного модуля. Кроме того, каждый тренажер имеет панель управления для настройки своих параметров.

#### Стабильность

В этом упражнении необходимо удерживать курсор как можно ближе к центру окружностей, которые пациент видит на экране монитора ( смотрите Рисунок №1).

До начала упражнения необходимо задать следующие параметры:

- Длительность упражнения (0,5-5 минут)
- Уровень сложности. От этого параметра зависят размеры окружностей
- Тип упражнения (обе ноги, одна нога, сидячее положение)

- Тип опоры – легкая, средняя, трудная
- Отображение пройденного пути

Целевыми ориентирами на данном этапе являются:

- Удержание равновесия в положении минимум 60 сек
- Возможность сидеть самостоятельно.

Данный этап тренировки баланса проводится с кратностью занятий до 3-4 в неделю, с постепенным увеличением длительности занятий до 5 минут.

После закрепления навыка удержания равновесия в течение непродолжительного периода времени (до 10сек.) необходимо приступить к выполнению более сложных заданий, ориентирами которых являются:

- Удержание равновесия более 10 секунд, в том числе на высоких уровнях сложности, заданных с помощью увеличения мобильности платформы
- Обучение навыкам фронтальных смещений для активации ягодичных мышц и постуральных мышц спины.

Кроме модуля «Стабильность», на этом этапе также используются тренировочные модули АБК: «Пределы» (тренировка навыка удержания равновесия в заданной области) и «Маятник» (тренировка навыка фронтальных смещений корпуса в заданных пределах).

### Пределы

В этом упражнении необходимо удерживать баланс в заданной зоне. О выходе за установленные пределы оповещает звуковой сигнал и изменение цвета «барьеров» (Рисунок №А.4).

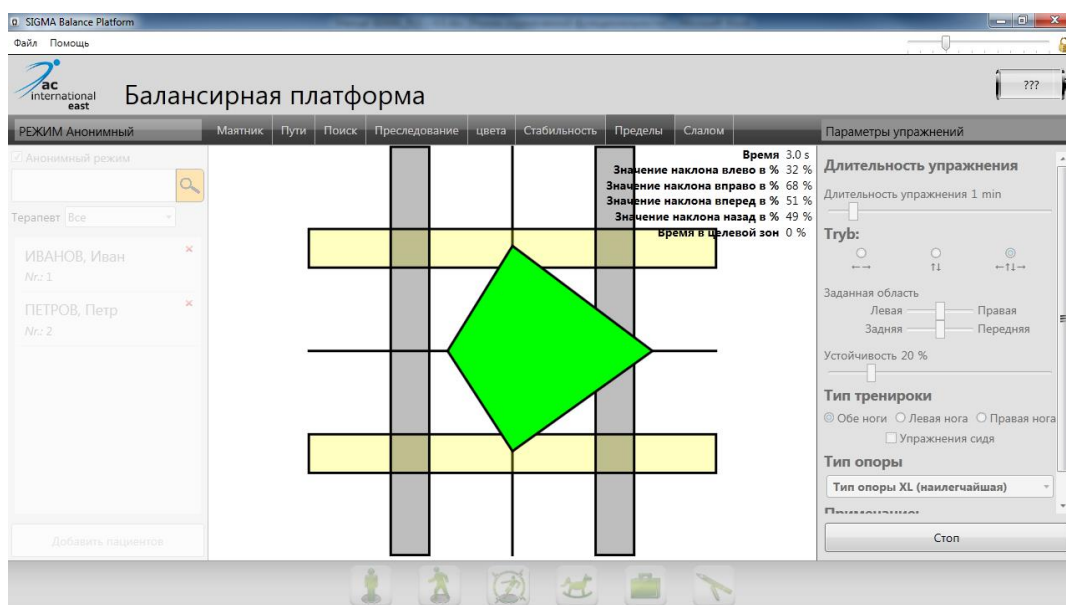


Рисунок №А.4 Модуль «Пределы»

До начала упражнения необходимо задать следующие параметры:

- Длительность упражнения (0,5-5 мин)
- Тип визуализации. Можно установить балансировку вперед-назад, влево-вправо или сразу по двум осям
- Устойчивость – этот параметр определяет допустимое отклонение по осям X и Y
- Тип упражнения (обе ноги, одна нога, сидячее положение)
- Тип опоры – легкая, средняя, трудная
- Отображение пройденного пути

Во время упражнения на экран выводится следующая информация: прошедшее время упражнения, отклонение по каждой из осей, время, проведенное в целевой зоне.

### Маятник

В этом упражнении необходимо управлять курсором, чтобы поочередно достигать двух мишеней (Рисунок №А.5). Серый, подвижный круг подсказывает необходимый ритм движения. Следует удерживать курсор

внутри овала с мишенями. Перед выполнением необходимо настроить параметры упражнения:

- Время выполнения упражнения в минутах (от 0,5 до 5 минут) или количество повторов – 10-500; возможно также выполнение упражнения без ограничения времени (до нажатия клавиши «стоп»)
- Тип тренировки – обе ноги, левая/правая нога, сидячее положение
- Тип установленной опоры – от легкой до трудной
- Параметр «Толщина» – ширина линии маятника
- Параметр «Длина» – расстояние, на которые разнесены мишени
- Параметр «Угол» – наклон положения мишеней относительно горизонтали
- Параметр «Частота» – темп перемещения между мишенями.

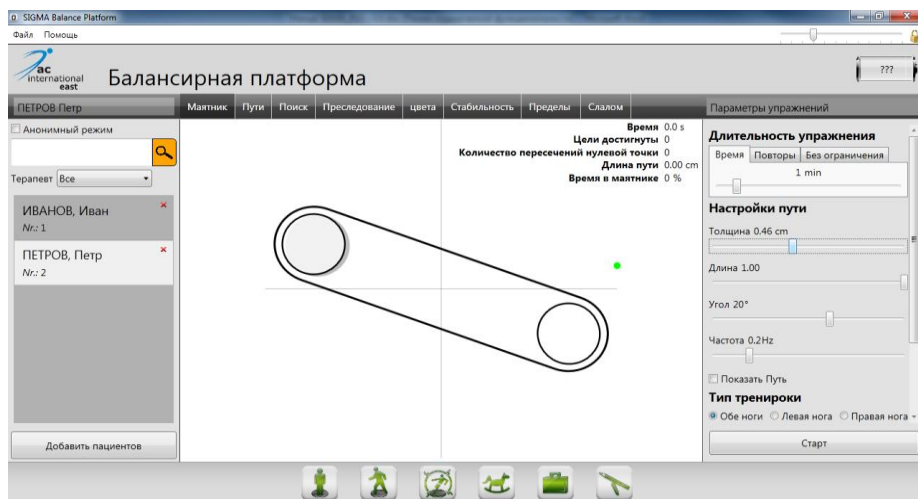


Рисунок № А.5 Модуль «Маятник»

### Пределы стабильности

Задача – достижение возможно большего количества целей за ограниченное время. Круг (цель), который необходимо достигнуть отмечен желтым цветом (Рисунок №А.6).

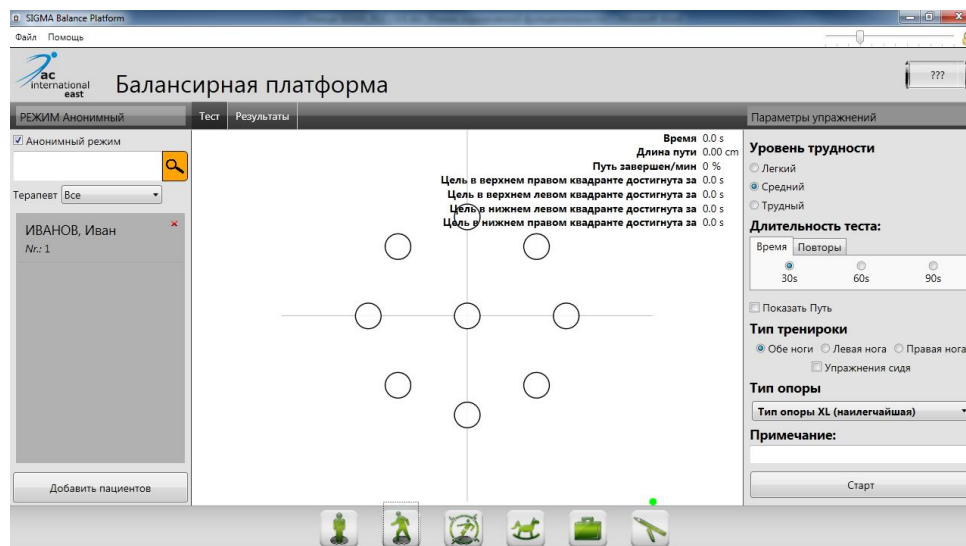


Рисунок №А.6 Модуль «Пределы стабильности»

Перед началом теста необходимо выбрать тип теста (легкий, средний, сложный), тип установленной опоры (легкий режим, средний или трудный), длительность теста или количество повторов (после достижения всех целей заданное количество раз тест завершается), тип тренировки (обе ноги, левая нога, правая нога, выполнение сидя), отображение пути движения центра масс. После выбора всех опций необходимо нажать на клавишу «Старт» и установить ноги согласно заданной схеме или задать новую схему положения ног.

Во время теста на дисплее отображаются следующие параметры:

- Время в сек
- Длительность пути в см
- Отношение пройденного пути к минимально возможному пути
- Время достижения целей в каждом квадранте.

После выполнения теста предлагается сохранить результаты теста. Данный этап тренировки баланса мы проводится с кратностью занятий до 3-5 в неделю, постепенно увеличивая длительность занятия от 3 до 5 минут.

После усвоения этих заданий обычно отмечается увеличение результативности МТБ до 8-9 баллов, что соответствует средней степени

устойчивости пациентов в положении сидя и позволяет переходить к сложным упражнениям на равновесие.

На этапе тренировки равновесия мы используем модуль АБК: «Преследование»

### Преследование

В этом упражнении необходимо удерживать курсор внутри движущейся окружности (Рисунок №А.7).

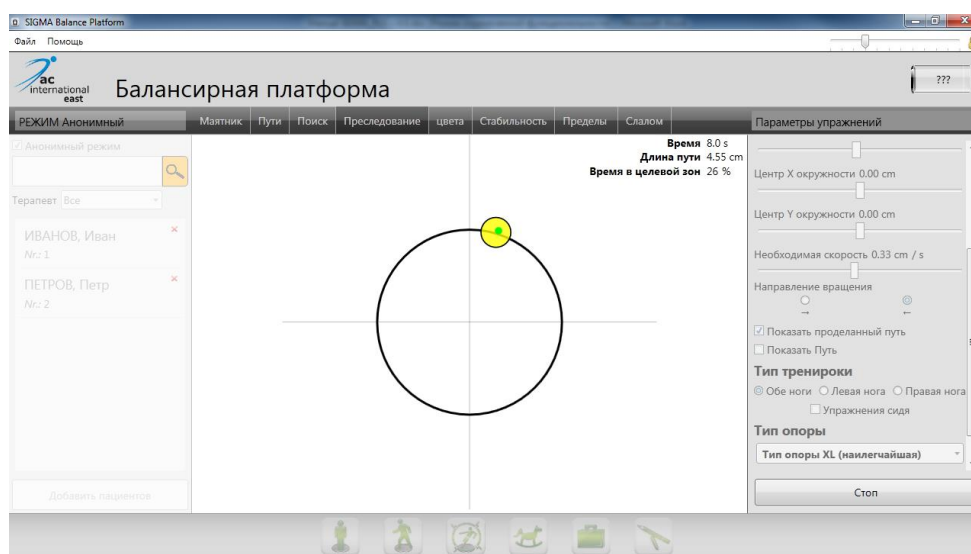


Рисунок №А.7 Модуль «Преследование»

До начала упражнения необходимо задать следующие параметры:

- Длительность упражнения (0,5-5 минут) или количество повторов (10–500) или использовать режим без ограничения (до нажатия на клавишу «Стоп»)
- Размер цели
- Радиус орбиты, по которой движется цель
- Сдвиг орбиты относительно центра экрана
- Скорость движения цели по орбите
- Направление движения цели (по часовой стрелке или против)
- Тип упражнения (обе ноги, одна нога, сидячее положение)

- Тип опоры – легкая, средняя, трудная
- Отображение пройденного пути
- Отображение орбиты.

Во время упражнения на экран выводится следующая информация: прошедшее время упражнения, длина пройденного пути, процентное соотношение времени, когда курсор находится внутри цели к прошедшему времени процедуры.

## 2. Коррекция фронтальных и/или сагиттальных постуральных нарушений.

При достижении 80% эффективности проведенных тренировок необходимо перейти к дифференцированной тренировке стабильности постурального баланса во фронтальной и сагиттальной плоскостях.

При этом, учитывая наибольшее смещение ОЦМ в сагиттальной плоскости целесообразно начинать тренировку стабильности положения ОЦМ с увеличением мобильности платформы в сагиттальной плоскости.

Для этого необходимо использовать блокатор во фронтальной плоскости.

Тренировки проводятся по такому же принципу и с использованием тех же модулей, которые применялись на первом этапе методики биоуправления с использованием баланс-комплекса.

## 3. Улучшение проприоцептивного звена регуляции позы во время тренинга на нестабильной платформе.

На данном этапе используются дополнительные стимуляторы проприоцептивной системы:

А) Программно-аппаратная стимул-тренировка баланса с индивидуально подобранными векторными задачами перемещения ОЦМ с использованием модуля «цвета».

## Цвета

В этом упражнении необходимо достичь все белые цели, избегая попаданий в красные препятствия (Рисунок №А.8).

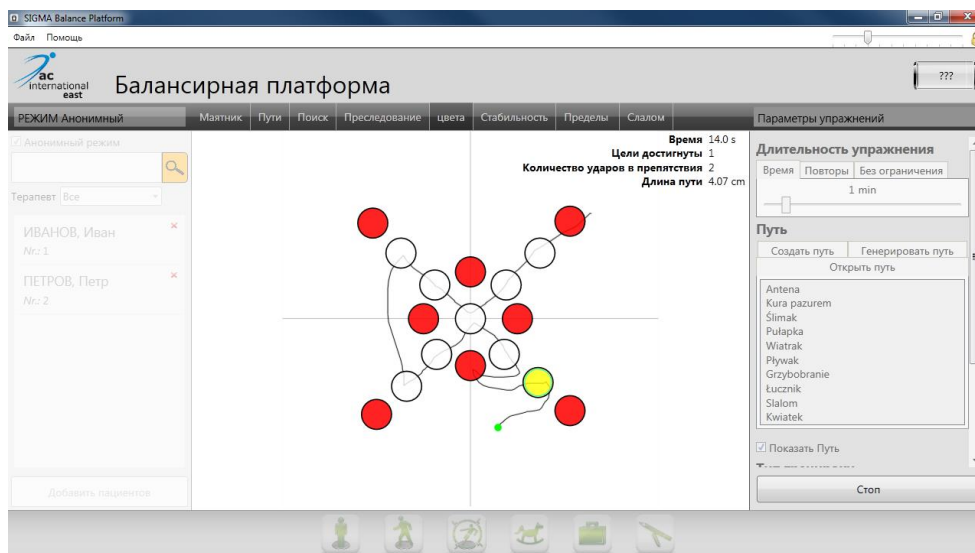


Рисунок №А.8 Модуль «Цвета»

До начала упражнения необходимо задать следующие параметры:

- Длительность упражнения (0,5-5 мин) или количество повторов (10-500) или использовать режим без ограничения (до нажатия на клавишу «Стоп»

- Тип упражнения (обе ноги, одна нога, сидячее положение)
- Тип опоры – легкая, средняя, трудная
- Отображение пройденного пути
- Отображение орбиты

Задание шаблона рисунка целей и препятствий может быть выполнено следующим образом:

1. Создать путь. В этом случае, пользователь сам создает необходимый путь движения; параметры, задаваемые при этом следующие – размеры целей и время их активации. После завершения расстановки целей и

препятствий необходимо задать имя шаблона и нажать клавишу «Сохранить путь»

2. «Сгенерировать» – рисунок целей и препятствий генерируется автоматически на основании заданных параметров. В качестве исходных необходимо задать:

- Уровень сложности
- Количество целей (1-15)
- Размер цели
- Количество препятствий (1-15)
- Желаемое расположение целей

Нажатие на клавишу «Сгенерировать» запускает процесс создания нового шаблона. Если созданный шаблон подходит для использования, его можно сохранить

«Открыть». Открывается список готовых шаблонов.

Во время выполнения упражнения отображается следующая информация:

- время выполнения упражнения
- количество достигнутых целей
- количество попаданий в препятствия
- длина пути.

Б) Использование внешних проприоцептивных стимулов:

1. Упор руками в неподвижный предмет (стену) при одновременном выполнении любой из вышеперечисленных тренировок баланса в положении сидя с использованием баланс-комплекса.

2. Изометрическая тренировка верхних конечностей в упоре с методистом при одновременном выполнении любой из вышеперечисленных тренировок баланса в положении сидя с использованием баланс-комплекса.

В) Последовательное исключение зрительного анализатора во время выполнения тренировки баланса.

Последовательное закрытие глаз не менее чем на 10 секунд во время выполнения любой из вышеперечисленных тренировок баланса в положении сидя с использованием баланс-комплекса, а также модуль «Слалом». В данном модуле наиболее актуальным является необходимость сохранения устойчивости в сагиттальной плоскости, что позволяет улучшить наиболее задействованный в сохранении баланса сидя проприоцептивный контроль положения тела.

### Слалом

В этом упражнении необходимо провести курсор между двумя кривыми (Рисунок №А.9).

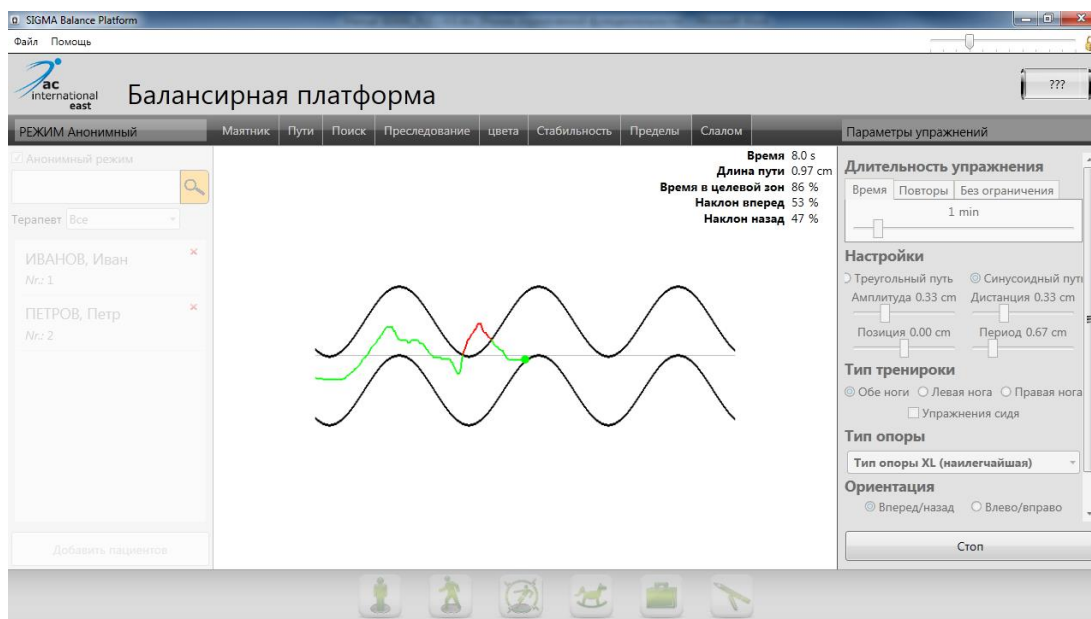


Рисунок №А.9 Модуль «Цвета»

До начала упражнения необходимо задать следующие параметры:

- Длительность упражнения
- Тип визуализации. Движение слева направо или снизу вверх
- Параметры кривой: Амплитуда (размах колебаний кривой), Дистанция (расстояние между двумя кривыми), Позиция (смещение кривых относительно центра экрана), Период (период повторения кривых).
- Тип опоры — легкая, средняя, трудная

- Отображение пройденного пути

Во время упражнения на экран выводится следующая информация: прошедшее время упражнения, длина пути, время, проведенное в целевой зоне, относительное время проведенное слева/справа (выше/ниже) нулевой оси.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данных методических рекомендациях представлены алгоритмы диагностики и мониторинга, а также коррекции постуральных нарушений, основанные на данных верифицированного клинического обследования с использованием высокотехнологичного биомеханического оборудования. Обоснованы клинико-диагностические критерии состояния постурального стереотипа у спортсменов-паралимпийцев с травматической болезнью спинного мозга. Разработаны коррекционные мероприятия для улучшения постурального контроля туловища в положении сидя для спортсменов-колясочников с использованием аппаратно-программного комплекса, включающего нестабильную опорную платформу с регуляцией степени мобильности и возможностью выбора стабильности в различных плоскостях. Также необходимо отметить высокую чувствительность к изменению наклона платформы за счет применения акселерометрического и гироскопического датчиков, что повышает диагностическую и лечебную значимость проведения обследования и коррекции постурального контроля у спортсменов-паралимпийцев с травматической болезнью спинного мозга.

Наш опыт подтверждает актуальность балансометрических исследований и тренировок постурального баланса в положении сидя. В данном случае мы использовали главную особенность балансометрического комплекса – способность регистрировать минимальные угловые смещения ОЦМ, что даже по сравнению со стабилметрическим комплексом увеличивает эффективность как диагностики системы проприоцепции так и стимуляции во время занятий с БОС.

Выявленные постуральные нарушения у спортсменов-колясочников с травматической болезнью спинного мозга являются, следствием неготовности аутохтонной мускулатуры и произвольных постуральных мышц к осевой нагрузке на позвоночник. Выраженность данных нарушений усугубляет также фиксация поясничного отдела с помощью

металлоконструкций, так как при этом отсутствуют активные движения в поясничном отделе позвоночника и происходит гипотрофия поясничных мышц и собственных мышц позвоночника. Используемый в методике диагностики клинический критерий оценки состояния постурального баланса в положении сидя (результаты модифицированного теста Берга) мы считаем основным для мониторинга динамики восстановления постурального стереотипа у ТБСМ в предшествующем вертикализации периоде. Это связано с тем, что традиционный тест Берга мы можем использовать только у вертикализированных пациентов, а его результаты недостаточно отражают функциональную состоятельность, как постуральных мышц, так и механизмов регуляции позы в целом.

Таким образом, представленная в данных методических рекомендациях алгоритмизированная методика диагностики и коррекции нарушений функциональной активности аутохтонных (постуральных) мышц спины у спортсменов-паралимпийцев с поражением спинного мозга в положении сидя с использованием модифицированного теста Берга и автоматизированного баланс-комплекса может применяться в двух клинических моделях:

1. для подготовки к вертикализации пациентов с ТБСМ, даже на промежуточном этапе реабилитации; при этом происходит более ранняя компенсаторная активация аутохтонных мышц, что приведет к более высокому уровню системы проприоцепции и, соответственно, позволят эффективно заниматься паралимпийскими видами спорта

2. у пациентов, которые прошли вертикализацию ранее (по традиционным методикам) корректируются механизмы постурального контроля, недостаточно развитые, вследствие отсутствия функциональной подготовленности и нарушенной регуляции аутохтонных мышц в процессе удержания туловища в положении сидя. У данной группы пациентов при применении предложенной методики мы ожидаем улучшение спортивных показателей, благодаря переходу на более высокий уровень постурального

контроля и координации движений в целом, но достигнутые результаты будут ниже, нежели в случае проведения вертикализации с использованием предлагаемых подходов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аухадеев, Э.И. Новый методологический подход к реабилитации пациентов на основе Международной классификации функционирования / Э.И. Аухадеев, Р.А. Бодрова // Вестник восстановительной медицины. - 2014.- №1.- С.6-10.
2. Бодрова Р.А. Современные технологии физической реабилитации пациентов с травмой спинного мозга / Р.А. Бодрова, Л.Ш. Гумарова // Вестник восстановительной медицины. – 2014. - №2. - С. 32-36.
3. Буйлова Т.В. Оценка качества жизни в процессе реабилитации больных с травматической болезнью спинного мозга / Т.В. Буйлова, Е.А. Северова // Медицинский альманах – 2013. – №2 (26) – С. 145-147.
4. Даминов В.Д. Совершенствование системы технологии роботизированной механотерапии в реабилитации больных с поражением центральной нервной системы: автореф. дис. ...д-ра мед. наук: 14.03.11 / Даминов Вадим Дамирович. - М., 2013. - 36 с.
5. Даминов В.Д. Экзоскелеты в нейрореабилитации. Первые результаты клинических испытаний Российского экзоскелета / В.Д. Даминов, И.Г. Горохова, О.А. Уварова // Сборник тезисов I Международного конгресса «Физиотерапия. Лечебная физкультура. Реабилитация». - М., 26-27 октября 2015. - С.19-20.
6. Поляев Б.Б. Методика восстановления постурального контроля у пациентов с травматической болезнью спинного мозга: автореф. дис.... к-та мед. наук: 14.00.51 / Поляев Борис Борисович. – Москва, 2017. – 42 с.
7. Роботизированная локомоторная терапия в реабилитации пациентов с поражением нервной системы - от научных теорий в клиническую практику / А.Н. Кузнецов, В.Д. Даминов, Н.В. Рыбалко, Е.А. Канкулова // Вестник восстановительной Медицины. - 2011. - №2. - С. 36-39.
8. Grangeon M, Gagnon D, Gauthier C, Jacquemin G, Masani K, et al. Effects of upper limb positions and weight support roles on quasi-static seated

postural stability in individuals with spinal cord injury. 2014 Gait Posture 36: 572-579.

9. Postural regulatory strategies during quiet sitting are affected in individuals with thoracic spinal cord injury. M Milosevic, DH Gagnon, P Gourdou, K Nakazawa. 2017. Gait & Posture 58, 446-452

10. Trunk muscle co-activation using functional electrical stimulation modifies center of pressure fluctuations during quiet sitting by increasing trunk stiffness. M Milosevic, K Masani, N Wu, K MV McConville, MR Popovic. 2015. Journal of neuroengineering and rehabilitation 12 (1), 99. P. 245-262.

11. Anticipation of direction and time of perturbation modulates the onset latency of trunk muscle responses during sitting perturbations. M Milosevic, M Shinya, K Masani, K Patel, K MV McConville, K Nakazawa, ... Journal of Electromyography and Kinesiology 26, P. 94-101

12. Protocol for the Locomotor Experience Applied Post-stroke (LEAPS) trial: a randomized controlled trial / P.W. Duncan, K.J. Sullivan, A.L. Behrman et al. // BMC.Neurol. – 2007. – Vol. 7. – P. 39.

13. Trunk muscle activity patterns in a person with spinal cord injury walking with different un-powered exoskeletons: A case study / X. Guan, Y. Liu, L. Gao et al. // J. Rehabil. Med. – 2016. - Vol. 48 (4). – P. 390-395.

14. Zhifeng, Kou New era of treatment and evaluation of traumatic brain injury and spinal cord injury / Kou Zhifeng, Sun Dong // Neural. Regen.Res. – 2016. – Vol. 11 (1). – P. 6.